

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-111662

(43)Date of publication of application : 30.04.1996

(51)Int.Cl.

H04B 10/00

G02F 1/01

G02F 2/00

BEST AVAILABLE COPY

(21)Application number : 07-248192

(71)Applicant : AT & T CORP

(22)Date of filing : 27.09.1995

(72)Inventor : BERGANO NEAL S

(30)Priority

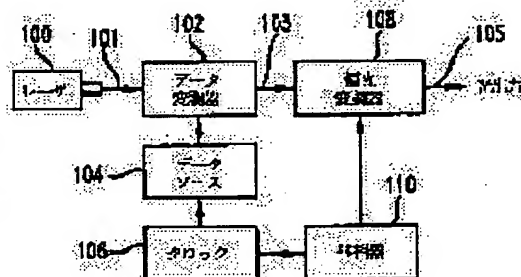
Priority number : 94 312848 Priority date : 27.09.1994 Priority country : US

(54) SYNCHRONOUS POLARIZATION AND PHASE MODULATION FOR IMPROVING PERFORMANCE OF OPTICAL TRANSMISSION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make the average value over respective modulation cycles of a polarization state be substantially equal to zero by modulating the state of the polarization of optical signals to a frequency equal to the same predetermined frequency for locking a phase and modulating data to the optical signals by a polarization modulator.

SOLUTION: The polarization modulator 108 is driven by a modulation frequency Ω equal to the frequency of the clock 106. Typically, an electric variable delay line like a phase shifter 110 for connecting the clock 106 to the polarization modulator 108 is provided and the phase shifter 110 is used for selectively adjusting the phase of polarization modulation relative to the phase of data modulation. The phase is adjusted so as to maximize the signal-to-noise ratio of received signals and experimentally decided. The polarization modulator 108 modulates the state of the polarization of the optical signals to the frequency equal to the same predetermined frequency for of locking the phase and modulating the data to the optical signals by changing only the phase of (x) and (y) components.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.07.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2006-22812

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 10.10.2006

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The source of a lightwave signal where it is equipment for transmitting a lightwave signal, and data generate the lightwave signal modulated on the frequency defined beforehand. The polarization modulation machine which is combined with this source of a lightwave signal, modulates the condition of polarization of this lightwave signal, and makes zero substantially the average of the condition of polarization covering a modulation cycle, the phase lock of the frequency of this clock is carried out including the clock which has the frequency which is combined with this polarization modulation machine and determines the frequency of this modulation cycle — having — eye this ** — laws — the approach of transmitting the lightwave signal which is an equal to a **** frequency.

[Claim 2] eye this **, as for this source of a lightwave signal, this clock modulates data to a lightwave signal in equipment according to claim 1 including a continuous wave lightwave signal generator and a data source — laws — the approach of transmitting the lightwave signal which is what is combined with this data source in order to set up a **** frequency.

[Claim 3] eye this ** this polarization-modulation machine had the phase specified beforehand in equipment according to claim 1 — laws — the equipment which modulates the condition of polarization of a lightwave signal on a **** frequency, and transmits the lightwave signal which is a thing containing the electric adjustable and delay line which combines this clock with this polarization-modulation machine in order that this equipment may change further this phase ** specified alternatively.

[Claim 4] Equipment which transmits the lightwave signal this whose electric adjustable delay line is a phase shifter in equipment according to claim 3.

[Claim 5] This optical phase modulator is equipment which transmits the lightwave signal which is what offers an optical phase modulation to this lightwave signal, making it not give polarization modulation at all substantially to a lightwave signal including the optical phase modulator which combines the source of a lightwave signal to this polarization modulation machine in equipment according to claim 3 further.

[Claim 6] Equipment which transmits the lightwave signal which offers an optical phase modulation on a frequency equal to the frequency which this clock was combined with this optical phase modulator, and the phase lock of this optical phase modulator was carried out by this in equipment according to claim 5, and was defined beforehand.

[Claim 7] Equipment which transmits the lightwave signal which is a thing containing the 2nd electric adjustable delay line for changing alternatively the phase of this optical phase modulation that combined this clock with this optical phase modulator further, and was offered by this optical phase modulator in equipment according to claim 6.

[Claim 8] It is equipment which transmits the lightwave signal substantially made equal to the phase to which the phase of this optical phase modulation that this electric adjustable delay line combined this clock with this optical phase modulator in equipment according to claim 5, and was offered by this optical phase modulator by this was this ** specified.

[Claim 9] Equipment which transmits the lightwave signal this whose electric adjustable delay line is a phase shifter in equipment according to claim 7.

[Claim 10] Equipment which transmits the lightwave signal this whose electric adjustable delay line is a phase shifter in equipment according to claim 8.

[Claim 11] the equipment which modulates polarization of a lightwave signal — it is — data — eye this ** — laws — the phase lock of the frequency of this clock carries out including the polarization-modulation machine which receives the lightwave signal modulated on the **** frequency, and the clock which have the frequency which is combined with this polarization-modulation machine and determines the frequency of a modulation cycle — having — and eye this ** — laws — the equipment which modulates the polarization which is equal to a **** frequency.

[Claim 12] eye this ** this polarization-modulation machine has the phase to which the condition of polarization of a lightwave signal was specified beforehand in equipment according to claim 11 — laws — the equipment which becomes irregular on a **** frequency and modulates the polarization which is a thing containing the electric adjustable delay line for changing alternatively the phase which this equipment combined this clock with this polarization-modulation machine further, and was this ** specified.

[Claim 13] Equipment which modulates the polarization this whose electric adjustable delay line is a phase

shifter in the equipment indicated by claim 12.

[Claim 14] This optical phase modulator is equipment which modulates the polarization which is what provides this lightwave signal with an optical phase modulation, making it not give polarization modulation substantially to this lightwave signal at all including the optical phase modulator which combines this source of a lightwave signal with this polarization modulation machine further in equipment according to claim 12.

[Claim 15] this clock combines with this optical phase modulator in equipment according to claim 14 — having — thereby — this optical phase modulator — eye this ** — laws — the equipment which modulates the polarization which a phase lock is carried out to a **** frequency, and offers an optical phase modulation on an equal frequency.

[Claim 16] Equipment which modulates the polarization which is a thing containing the 2nd electric adjustable delay line for changing alternatively the phase of this optical phase modulation that combined this clock with this optical phase modulator further, and was offered by this optical phase modulator in the equipment indicated by claim 15.

[Claim 17] Equipment which modulates the polarization which is what is substantially made equal to the phase to which the phase of this optical phase modulation that this electric adjustable delay line combined this clock with this optical phase modulator in equipment according to claim 14, and was offered by this optical phase modulator by this was this ** specified.

[Claim 18] Equipment which modulates the polarization this whose electric adjustable delay line is a phase shifter in equipment according to claim 16.

[Claim 19] Equipment which modulates the polarization this whose electric adjustable delay line is a phase shifter in equipment according to claim 17.

[Claim 20] the phase lock of the condition of polarization of this lightwave signal carries out to the step to which it is an approach for transmitting a lightwave signal, and data generate the lightwave signal modulated on the frequency defined beforehand — having — and eye this ** — laws — the approach of transmitting the lightwave signal containing the step which becomes irregular on a frequency equal to a **** frequency, and makes substantially the average of the condition of polarization covering each modulation cycle equal to zero.

[Claim 21] How to transmit the lightwave signal which is a thing containing the step to which the phase of the polarization modulation further given to this lightwave signal is alternatively changed in an approach according to claim 20.

[Claim 22] How to transmit the lightwave signal which is a thing containing the step which carries out the phase modulation of this lightwave signal alternatively in the approach indicated by claim 20, making it not give polarization modulation at all substantially to a lightwave signal further.

[Claim 23] eye this ** data are modulated for the step which carries out the phase modulation of this lightwave signal alternatively in the approach indicated by claim 22 — laws — the approach of transmitting the lightwave signal which is a thing containing the step which carries out the phase modulation of this lightwave signal alternatively on a frequency equal to a **** frequency.

[Claim 24] it is an approach for modulating polarization of a lightwave signal, and data carry out the phase lock of the condition of polarization of this lightwave signal to the step which receives the lightwave signal modulated on the frequency defined beforehand — having — and eye this ** — laws — the approach of becoming irregular by the cycle wave equal to a **** frequency, and modulating the polarization containing the step the average of the condition of polarization covering each modulation cycle makes become equal to zero substantially by this.

[Claim 25] How to modulate the polarization which is a thing containing the step to which the phase of the polarization modulation further given to the lightwave signal is alternatively changed in the approach indicated by claim 24.

[Claim 26] How to modulate the polarization which is a thing containing the step which carries out the phase modulation of this lightwave signal alternatively in the approach indicated by claim 24, making it not give polarization modulation further to a lightwave signal at all substantially.

[Claim 27] eye this ** data are modulated for the step which carries out the phase modulation of this lightwave signal alternatively in the approach indicated by claim 26 — laws — the approach of modulating the polarization which is a thing containing the step which carries out the phase modulation of this lightwave signal alternatively on a frequency equal to a **** frequency.

[Claim 28] The source of a lightwave signal where it is a transmission system and data generate the lightwave signal modulated on the frequency defined beforehand, The polarization modulation machine which is combined with this source of a lightwave signal, modulates the condition of polarization of this lightwave signal, and makes the average of the condition of polarization equal to zero substantially over a modulation cycle by this, it is the clock which has the frequency which is combined with this polarization modulation machine and determines the frequency of this modulation cycle, and the frequency of this clock carries out a phase lock — having — and eye this ** — laws — with a clock which is equal to a **** frequency The transmission system containing the optical transmission line combined with this polarization modulation machine, and the receiver combined with this optical transmission line.

[Claim 29] a means to measure the property defined beforehand and this polarization modulation machine of the lightwave signal further received by this receiver in the system according to claim 28 — eye this ** — laws — the phase of a means to transmit a **** property, and the polarization modulation given to this

lightwave signal is changed alternatively — making — eye this ** — laws — the transmission system which is a thing including a means to optimize the value of a **** property.

[Claim 30] This optical phase modulator is a transmission system which is what provides this lightwave signal with an optical phase modulation, making it not give polarization modulation substantially to a lightwave signal at all including the optical phase modulator which combines this source of a lightwave signal with this polarization modulation machine further in the system indicated by claim 29.

[Claim 31] in the system indicated by claim 30, the phase of this optical phase modulation further offered by this optical phase modulator is changed alternatively — making — eye this ** — laws — the transmission system which is a thing including the means for optimizing the value of a **** property further.

[Claim 32] the system indicated by claim 28 — setting — eye this ** — laws — the transmission system whose **** property is the signal-to-noise ratio of the lightwave signal received by the receiver.

[Claim 33] the system indicated by claim 31 — setting — eye this ** — laws — the transmission system whose **** property is the signal-to-noise ratio of the lightwave signal received by this receiver.

[Claim 34] the system indicated by claim 28 — setting — eye this ** — laws — the transmission system whose **** property is Q-multiplier of the lightwave signal received by this receiver.

[Claim 35] the system indicated by claim 31 — setting — eye this ** — laws — the transmission system whose **** property is Q-multiplier of the lightwave signal received by the receiver.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to improving informational optical transmission, especially the transmission capacity of a fiber-optic transmission system.

[0002]

[Background of the Invention] The optical-fiber-transmission way used by the revision or the continent crossing light wave transmission system using a very long optical-fiber-transmission way, for example, an optical amplification repeater, originates in the big decrease accumulated in connection with the die length of the optical fiber which constitutes a transmission line, and wears performance degradation. Typically, in such a long lightwave transmission system, these decrease changes with time amount and causes the random fluctuation in the signal to noise (SNR) of an input signal. This random fluctuation contributes to the phenomenon known as signal phasing. Signal phasing makes a bit error rate (BER) increase as a result to the digital signal transmitted through an optical fiber way. When becoming so small that SNR of the digital signal in such a transmission system is nonpermissible, it is said that signal phasing arose (when set to BER of the like which is not desirable). According to the proof by experiment, it was shown that the polarization dependence effect ****(ed) by the optical fiber itself and/or other optical elements (for example, a repeater, an amplifier, etc.) which are along a transmission line influences signal phasing and SNR fluctuation. Especially one of the effectiveness of such is the population of an optical amplifier. Inversion It is identified as a polarization hole burning (PHB) related to dynamics. About a hole burning, it is a D.W. hole, R.A. Haas, W.F. KURUPUKU and the spectrum in neo die MIAMU glass laser and "polarization hole burning" IEEE Journal of Quantum Electronics of M.J. weber work, Vol.QE-19, and No.11. The argument is made in November, 1983.

[0003] PHB decreases the gain of the optical amplifier within the transmission line lengthened for a long time to the arbitration signal which has an parallel polarization condition (SOP) to the condition of the main lightwave signal conveyed by the transmission line. However, to the lightwave signal which has SOP which intersects perpendicularly to it of the main signal, it stops at the gain condition offered by these amplifier of not being influenced relatively. If it says simply, the main lightwave signal will generate the un-isotropic saturation of the amplifier depending on SOP of the main lightwave signal. This un-isotropic saturation decreases the population inversion in an amplifier, and serves as lower gain to the lightwave signal which has the SOP same as a result as the main lightwave signal. For this reason, the noise which has SOP which intersects perpendicularly to a main signal will be preferentially emphasized by amplifier. This emphasized noise reduces SNR of a transmission system, and brings about amplified BER.

[0004] The conventional method of decreasing signal phasing included use of the system which adjusts actively SOP of the signal by which incidence is carried out to the given optical path as a function of the quality of the signal received in the far edge of the optical path. SOP of a signal is scrambled in some approaches. For example, the system lower than a bit rate which reaches and scrambles SOP on the frequency of higher both is known. However, the potential improvement which will bring about the AM of a data signal in the bandwidth of a receiver if it scrambles on a frequency lower than a bit rate, therefore can be attained by low frequency scramble will be reduced, a scramble on a frequency higher than a bit rate causes the increment in the bandwidth transmitted although AM can be decreased, and it deteriorates the engine performance — also making — it carries out.

[0005]

[Summary of the Invention] According to this invention, the approach and equipment for modulating polarization of a lightwave signal are offered. A polarization modulation machine receives the lightwave signal with which data were modulated on the frequency defined beforehand. This polarization modulation machine modulates the condition of polarization of a lightwave signal on a frequency equal to the same frequency defined beforehand as a phase lock is carried out and data are modulated by the lightwave signal. Polarization modulation is carried out so that the average may be in the condition of polarization covering each modulation cycle almost equal to zero. In one example of this invention, the phase of the polarization modulation given to the lightwave signal changes with the electric delay lines like a phase shifter alternatively. In addition, as a lightwave signal hardly gives polarization modulation to a lightwave signal, a phase modulation may be alternatively carried out with an optical phase modulator.

[0006]

[Detailed description] Drawing 1 shows the block diagram by which the configuration as instantiation which

carries out this invention was simplified. As shown in drawing, this invention contains the laser 100 for generating the continuous wave (CW) lightwave signal 101. A lightwave signal 101 is transmitted to the data modulator 102 which generates the optical information signal 103 which modulated the signal and was modulated in order to give information there by the well-known method. The optical information signal 103 which modulates a lightwave signal 101 on the frequency which the data modulator 102 receives the data which should be given to a lightwave signal 101 from a data source 104, and is determined with a clock 106 is transmitted to the polarization modulation machine 108 which modulates SOP of the optical information signal 103 from the data modulator 102. The polarization modulation machine 108 operates so that SOP of an optical information signal may be changed by approach which does not have SOP which is equalized covering a modulation period, and which is chosen. Therefore, it can be said that an output signal 105 is the polarization scrambled with the degree of the polarization which is zero substantially. In an example of actuation of the polarization modulation machine 108, SOP of the optical information signal 103 pursues the perfect great circle on a POINKEA (Poincare) ball. Apart from this, SOP of a lightwave signal meets a POINKEA ball, and it may go and come back to it. Anyway, the average of SOP covering each modulation cycle is substantially equal to zero. An example of the polarization modulation machine 108 which can be used in this invention is indicated by U.S. Pat. No. 5,327,511, especially its FIG.3.

[0007] According to this invention, the polarization modulation machine 108 is driven with a clock 106, and, thereby, is modulated at a rate with SOP of the optical information signal 103 equal to the rate at which data are given to a lightwave signal 101. In other words, a clock 106 makes the rate of polarization modulation the frequency and phase which were locked by the rate of a data modulation. The way a clock 106 drives polarization modulation 108 may be described by by investigating the electric-field component of the lightwave signal on which polarization modulation acts. In a x-y coordinate, these components may be expressed as follows.

[Equation 1]

$$E_x(t) = A_x(t) e^{i(\omega t + \phi_x(t))} \quad (1)$$

$$E_y(t) = A_y(t) e^{i(\omega t + \phi_y(t))} \quad (2)$$

[0008] Optical carrier frequency, $\phi_x(t)$, and $\phi_y(t)$ of ω are the phase angles of a lightwave signal 103 here, and it is assumed that it is the thing which $A_x(t)$ and $A_y(t)$ are real electric-field strength, and includes intensity modulation. Theoretically, possible SOP of either of the lightwave signals which has these electric-fields component is relative phase contrast $\phi_{yx} - \phi_{xy}$, maintaining a fixed $(A_x^2 + A_y^2)$ value. They are Ratio A_x / A_y , making it change between 0 and 2π . It is obtained by making it change. However, the polarization modulation machine 108 is a phase ϕ_x . And ϕ_y By making it change, it functions as modulating SOP of a lightwave signal. This is enough in order to offer SOP from which the average energy covering a modulation cycle serves as zero. An assumption of a sinusoidal driving signal expresses this phase modulation as follows.

[Equation 2]

$$\phi_x(t) = \gamma_x + a_x \cos(\Omega t + \Psi) \quad (3)$$

$$\phi_y(t) = \gamma_y + a_y \cos(\Omega t + \Psi) \quad (4)$$

[0009] The phase modulation given with the polarization modulation vessel 108 is a different normal position phase γ_x . And the signal which has x components and y component accompanied by γ_y (it becomes the cause of a device birefringence) is offered. A phase modulation also draws the sine wave-like fluctuation which vibrates with the modulation frequency ω accompanied by the phase ψ same about both the electric-fields component. However, this sine wave-like fluctuation is the electric-field component E_x . And E_y A multiplier a_x which receives and is different, respectively And a_y It has. Modulation multiplier a_x And a_y Magnitude determines the range of the locus to which it goes and comes back where SOP crosses a POINKEA ball top. It will be recognized as the ability of the phase modulation of the format expressed by a formula (3) and (4) if it is this contractor to generate the signal to which meets the locus on POINKEA from which average polarization serves as zero over a single modulation cycle by adjusting a parameter suitably although neither of the possible SOP is generated, and it goes and comes back. For example, amplitude A_x And A_y If it is chosen so that it may become equal, the average degree of polarization will become equal to zero by setting up with $a_x - a_y = 0.765\pi$. In this case, although the modulated lightwave signal which comes out of the polarization modulation machine 108 pursues the great circle [76% / of whole one] on a POINKEA ball, as for the modulation lightwave signal 105, polarization will be extinguished completely on the average.

[0010] In the configuration shown in drawing 1, the polarization modulation machine 108 is driven with the modulation frequency ω equal to the frequency of a clock 106. Probably, it will be convenient to offer the electric adjustable delay line like the phase shifter 110 which combines a clock 106 with the polarization

modulation machine 108 typically, as drawing 1 is shown further. A phase shifter 110 is used for adjusting alternatively the phase ψ of the polarization modulation which faces the phase of a data modulation. This phase is adjusted so that the signal-to-noise ratio of the received signal may serve as max, and it may be determined experientially. The experimental result which connects to drawing 3 and below is shown shows the system performance measured in the amount of SNR of the input-signal pair phase ψ . These results show that the clear value about the phase ψ which gives a good SNR property exists. Once it optimizes suitably, the equipment shown in drawing 1 will minimize harmful effectiveness, such as an increment in the bandwidth caused by the residual AM and the high-speed modulation which are caused by the low-speed modulation. That is, the almost optimal balance between a low-speed modulation and a high-speed modulation is offered. [0011] It adds to the polarization modulation given to the signal 103 with the polarization modulation vessel 108, and is the phase angle ϕ . And ϕ_{iy} The phase modulation of the net given with the average or an excess also exists. In the example of invention shown in drawing 1, it is assumed that this average phase modulation is zero. However, the example of invention shown to drawing 2 and drawing 3 that it argues below permits the superfluous phase modulation of non-zero.

[0012] the phenomenon of two criteria in which polarization and/or a phase modulation are convertible for AM — a polarization subordination phenomenon and a polarization independent phenomenon exist literally. The example of a polarization subordination phenomenon is brought about by polarization dependence loss in a transmission medium which is changed in time and causes additional signal phasing. The example of a polarization independent phenomenon is brought about with the chromatism and/or the nonlinear refractive index in what [what is not changed in time], i.e., a transmission fiber. AM generated by modulating polarization by the bit rate does not serve as a capable cause of signal phasing so that it may be explained henceforth.

[0013] If the signal by which the polarization scramble was carried out meets with the component which has PDL, AM can start by modulation frequency ω and its higher harmonic (namely, 2 ω , 3 ω ,). Generally it depends for the phase relation of AM about the amount of AM, and the phase of polarization modulation on the loss shaft orientation of the PDL component about a polarization modulation shaft. The amount of AM produced since the condition of polarization of a lightwave signal is unsteady in time will be unsteady. The typical fiber optics receiver has about 60% of electric bandwidth of a data rate in this contractor like known. Therefore, some of AM produced in a bit rate passes a receiver, they arrive at a judgment circuit, and affect BER. However, since the higher harmonic wave which has the frequency of 2 ω or more is prevented by the receiver, BER is not influenced depending on AM produced in the higher harmonic wave of these bit rates. Producing the great portion of AM in the higher harmonic (namely, 2 ω or more) of modulation frequency, and not being generated from the analysis of the format of AM caused by the interaction of the SOP and the PDL component to which a lightwave signal goes and comes back in the basic modulation frequency ω can be shown. Therefore, if it assumes that it is that for which the optical receiver designed suitably is used as mentioned above, AM generated by modulating polarization by the bit rate will not contribute to signal phasing intentionally. AM generated by polarization and/or conversion of a phase modulation as a result of the chromatism of an optical fiber and/or a nonlinear refractive index is advantageous when polarization modulation is performed by the bit rate.

[0014] Drawing 2 shows another example of this invention by which the optical phase modulator 214 is combined with the polarization modulation machine 208. A clock 206 drives the polarization modulation machine 208 as shown in drawing 1 like the optical phase modulator 214 respectively through the adjustable delay lines 210 and 212. By this invention, use of the adjustable delay line of the suitable mold of arbitration like a phase shifter is planned as in the example of this invention shown in drawing 1. The polarization modulation given to a lightwave signal 203 in this example of this invention is two separate independent phases ψ_2 , i.e., the phase related with polarization modulation 208. And phase ψ_1 related with the optical phase modulator 214 It contains. In this way, phase angle ϕ of the lightwave signal 205 outputted from the polarization modulation machine 208 And ϕ_{iy} it becomes like a degree type.

[Equation 3]

$$\phi_x(t) = \gamma_x + a_x \cos(\Omega t + \Psi_1) + b \cos(\Omega t + \Psi_2) \quad (5)$$

$$\phi_y(t) = \gamma_y + a_y \cos(\Omega t + \Psi_1) + b \cos(\Omega t + \Psi_2) \quad (6)$$

[0015] As for the optical phase modulator 214, a formula (5) and a formula (6) give the same phase modulation to both X of a lightwave signal 203, and Y component. Therefore, the optical phase modulator 214 modulates the optical phase of a signal 203, without modulating polarization of a lightwave signal. For the reason the optical phase modulator 214 does not modulate polarization, the polarization modulation of a lightwave signal is a phase ϕ . And it is because it is proportional to the difference between ϕ_{iy} , and ϕ and ϕ_{iy} are modulated in an equal amount, so this difference is not influenced by the optical phase modulator 214. However, phase ψ_2 By introducing alternatively [an addition] as a parameter which can be adjusted, when using a modulation format for NRZ, the various amplitude errors which give the opposite effect to the engine performance can be decreased. These amplitude errors are caused by various factors including an amplifier noise, chromatism, and fiber nonlinearity. As mentioned above, if the phase of AM is suitably adjusted about data, AM generated from the polarization caused by a signal, chromatism, and the interaction between the

nonlinear refractive indices of a fiber and conversion of a phase modulation is advantageous, and possible. The diagrammatic method of evaluating the effect of the decrease to signals other than a noise is learned by this contractor as an eye diagram. Eye closing which what AM generated "opens for" the received eye of data is made, and is cut according to an amplitude type error can be compensated. Phase ψ_2 By adjusting suitably, eye opening is improvable. An actuation top and phase ψ_2 It is adjusted through a phase shifter 212 until SNR of an input signal optimizes.

[0016] In drawing 3, the function of the phase modulator 214 shown in drawing 2 and the polarization modulation machine 208 is included in a unit with single both. In this case, the single phase shifter 310 is used for changing the both sides of polarization modulation and an optical phase modulation. In this case, polarization modulation is include-angle $\phi_1-\phi_2$. It is given according to the difference which can be set, and is adjusted to polarization of a low degree. A superfluous phase modulation is given by an average $(\phi_1+\phi_2)/2$ of two include angles. Actuation of this example of this invention is $\psi_1=\psi_2$ at drawing 2. It is similar to the thing when carrying out.

[0017] Drawing 4 shows the result of the experiment carried out using the configuration shown in drawing 3. The transmission line using the loop-formation circulation technique was extended by 6300km, and used a 2.5G bit per second bit rate by average incidence power 25dBm.

[0018] This drawing shows the Q-factor (that is, electric SNR) opposite phase ψ obtained as a result. This data shows that a good SNR property can be attained by choosing the proper value about a phase ψ .

[0019] Drawing 5 is an example of a transmission system including the transmitter according to this invention, a receiver, a transmission line, and a telemetering way. The telemetering path 406 for connecting to a transmitter 400 the polarization modulation machine 402 which realizes the property of a configuration of having been shown by a transmitter 400, drawing 2, or drawing 3 and by which phase control was carried out, a transmission medium 404, and a receiver 408, and returning the property of an input signal like SNR or a Q factor (feedback) is shown. The transmission medium (this invention is not limited to this) as a purpose of this example is the chain of an optical amplifier and single-mode optical fiber. These elements are common knowledge at this contractor.

[0020] A transmitter 400 generates the optical information signal modulated with the polarization modulation vessel 402 with which the polarization was mentioned above, and by which phase control was carried out. The signal which is produced as a result and by which polarization modulation was carried out passes a transmission medium 404, and, subsequently to a receiver 408, reaches. In a receiver, a Q factor is measured as an index of the transmission engine performance. A Q-factor value is returned to the polarization modulation machine 402 through the telemetering path 406.

[0021] In some applications, probably the telemetering path 406 is assigned to the same transmission system like the overhead in the SONET frame, or an orderwire channel, or it turns out that it is desirable to transmit by different channel like the separate telephone line at this contractor. It is received by the logical element which may be arranged for example, in the polarization modulation machine 402, and a Q-factor value is processed. This logical element controls the phase modulation given to the signal according to the formula (5) and formula (6) which were mentioned above with the polarization modulation vessel 402, and maximizes the Q factor received. A logical element is especially a_x , a_y , ψ_1 , and ψ_2 . And/or, the value of b can be controlled.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the block diagram by which one example of the transmitter by which phase control was carried out and polarization modulation was carried out according to this invention was simplified.

[Drawing 2] It is drawing showing the block diagram by which another example of the transmitter by which phase control was carried out and polarization modulation was carried out according to this invention was simplified.

[Drawing 3] It is drawing showing the block diagram by which another example was simplified in the transmitter pan according to this invention by which phase control was carried out and polarization modulation was carried out.

[Drawing 4] It is drawing showing the Q-factor pair phase produced as a result about the configuration using the transmitter shown in drawing 3 .

[Drawing 5] It is drawing showing the example of the transmission-system construction including the transmitter according to this invention, the polarization modulation machine by which phase control was carried out, a receiver, a transmission route, and a remote path.

[Description of Notations]

100 Laser

101 Lightwave Signal

102 Data Modulator

103 Optical Information Signal

104 Data Source

105 Output Signal

106 Clock

108 Polarization Modulation Machine

110 Phase Shifter

214 Phase Modulator

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-111662

(43) 公開日 平成8年(1996)4月30日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/00				
G 0 2 F 1/01	Z			
2/00				

H 0 4 B 9/ 00 B

審査請求 未請求 請求項の数35 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-248192

(22) 出願日 平成7年(1995)9月27日

(31) 優先権主張番号 08/312848

(32) 優先日 1994年9月27日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390035493

エイ・ティ・アンド・ティ・コーポレーション

AT&T CORP.

アメリカ合衆国 10013-2412 ニューヨーク
ニューヨーク アヴェニュー オブ
ジ アメリカズ 32

(72) 発明者 ニール エス. パーガノ

アメリカ合衆国 07738 ニュージャージー,
リンクロフト, ハーヴェイ アヴェニュー 11

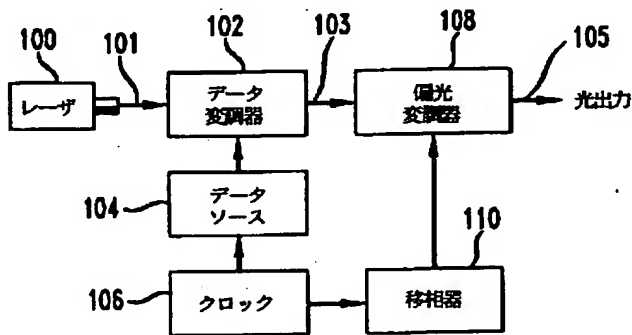
(74) 代理人 弁理士 岡部 正夫 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光伝送の性能改善のための同期偏光および位相変調

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、光ファイバ伝送システムにおける伝送能力を改善することに関する。

【構成】 光信号の偏光を変調する方法および装置が提供される。偏光変調器は、データが予め定められた周波数で変調された光信号を受信する。偏光変調器は、光信号の偏光の状態を位相ロックされかつデータが光信号に変調される同じ予め定められた周波数に等しい周波数にて変調する。偏光変調は、偏光状態の各変調サイクルにわたる平均値がゼロに実質的に等しくなるように遂行される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を伝送するための装置であって、データが予め定められた周波数で変調された光信号を発生する光信号源と、該光信号源に結合され該光信号の偏光の状態を変調して変調サイクルにわたる偏光の状態の平均値を実質的にゼロにする偏光変調器と、該偏光変調器に結合され該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックとを含み、該クロックの周波数は位相ロックされ該予め定められた周波数に等しいものである光信号を伝送する方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の装置において、該光信号源は連続波光信号発生器およびデータソースを含み、該クロックがデータを光信号に変調する該予め定められた周波数を設定するため該データソースに結合されているものである光信号を伝送する方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の装置において、該偏光変調器は予め規定された位相をもった該予め定められた周波数で光信号の偏光の状態を変調するものであり、そして該装置はさらに該予め規定された位相を選択的に変化されるために該偏光変調器に該クロックを結合する電氣的可変遅延線を含むものである光信号を伝送する装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の装置において、該電氣的可変遅延線が移相器である光信号を伝送する装置。

【請求項 5】 請求項 3 に記載の装置において、さらに該偏光変調器に対して光信号源を結合する光位相変調器を含み、該光位相変調器は光信号に対し実質的に何ら偏光変調を与えないようにしつつ該光信号に光位相変調を提供するものである光信号を伝送する装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の装置において、該クロックが該光位相変調器に結合され、これにより該光位相変調器が位相ロックされかつ予め定められた周波数に等しい周波数にて光位相変調を提供するようになっている光信号を伝送する装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の装置において、さらに該クロックを該光位相変調器に結合し該光位相変調器により提供された該光位相変調の位相を選択的に変化させるための第 2 の電氣的可変遅延線を含むものである光信号を伝送する装置。

【請求項 8】 請求項 5 に記載の装置において、該電氣的可変遅延線は、該クロックを該光位相変調器に結合し、これにより該光位相変調器により提供された該光位相変調の位相を該予め規定された位相に実質的に等しくするようになっている光信号を伝送する装置。

【請求項 9】 請求項 7 に記載の装置において、該電氣的可変遅延線が移相器である光信号を伝送する装置。

【請求項 10】 請求項 8 に記載の装置において、

該電氣的可変遅延線が移相器である光信号を伝送する装置。

【請求項 11】 光信号の偏光を変調する装置であって、データが該予め定められた周波数で変調された光信号を受信する偏光変調器と、該偏光変調器に結合され変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックとを含み、該クロックの周波数は位相ロックされかつ該予め定められた周波数に等しくなっている偏光を変調する装置。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の装置において、該偏光変調器は光信号の偏光の状態を予め規定された位相をもつ該予め定められた周波数で変調するものであり、そして該装置はさらに該クロックを該偏光変調器に結合して該予め規定された位相を選択的に変化させるための電氣的可変遅延線を含むものである偏光を変調する装置。

【請求項 13】 請求項 12 に記載された装置において、該電氣的可変遅延線が移相器である偏光を変調する装置。

【請求項 14】 請求項 12 に記載の装置において、さらに該光信号源を該偏光変調器に結合する光位相変調器を含み、該光位相変調器は該光信号に実質的に何ら偏光変調を与えないようにしつつ該光信号に光位相変調を提供するものである偏光を変調する装置。

【請求項 15】 請求項 14 に記載の装置において、該クロックが該光位相変調器に結合され、これにより該光位相変調器が該予め定められた周波数に位相ロックされかつ等しい周波数にて光位相変調を提供するようになっている偏光を変調する装置。

【請求項 16】 請求項 15 に記載された装置において、さらに該クロックを該光位相変調器に結合して該光位相変調器により提供された該光位相変調の位相を選択的に変化させるための第 2 の電氣的可変遅延線を含むものである偏光を変調する装置。

【請求項 17】 請求項 14 に記載の装置において該電氣的可変遅延線が該クロックを該光位相変調器に結合してこれにより該光位相変調器により提供された該光位相変調の位相を該予め規定された位相に実質的に等しくさせるものである偏光を変調する装置。

【請求項 18】 請求項 16 に記載の装置において、該電氣的可変遅延線が移相器である偏光を変調する装置。

【請求項 19】 請求項 17 に記載の装置において、該電氣的可変遅延線が移相器である偏光を変調する装置。

【請求項 20】 光信号を伝送するための方法であって、データが予め定められた周波数で変調される光信号を

生するステップと、
該光信号の偏光の状態を、位相ロックされかつ該予め定められた周波数に等しい周波数で変調して各変調サイクルにわたる偏光の状態の平均値を実質的にゼロに等しくするステップとを含む光信号を送送する方法。

【請求項 21】 請求項 20 に記載の方法において、さらに該光信号に与えられた偏光変調の位相を選択的に変化させるステップを含むものである光信号を送送する方法。

【請求項 22】 請求項 20 に記載された方法において、さらに光信号に対し実質的に何ら偏光変調を与えないようにしつつ該光信号を選択的に位相変調するステップを含むものである光信号を送送する方法。

【請求項 23】 請求項 22 に記載された方法において、該光信号を選択的に位相変調するステップが、データが変調される該予め定められた周波数に等しい周波数にて該光信号を選択的に位相変調するステップを含むものである光信号を送送する方法。

【請求項 24】 光信号の偏光を変調するための方法であって、データが予め定められた周波数で変調された光信号を受信するステップと、該光信号の偏光の状態を位相ロックされかつ該予め定められた周波数に等しい周波数で変調し、これにより各変調サイクルにわたる偏光の状態の平均値を実質的にゼロに等しくするようにするステップとを含む偏光を変調する方法。

【請求項 25】 請求項 24 に記載された方法において、さらに光信号に与えられた偏光変調の位相を選択的に変化させるステップを含むものである偏光を変調する方法。

【請求項 26】 請求項 24 に記載された方法において、さらに光信号に実質的に何ら偏光変調を与えないようにしつつ該光信号を選択的に位相変調するステップを含むものである偏光を変調する方法。

【請求項 27】 請求項 26 に記載された方法において、該光信号を選択的に位相変調するステップが、データが変調される該予め定められた周波数に等しい周波数にて該光信号を選択的に位相変調するステップを含むものである偏光を変調する方法。

【請求項 28】 伝送システムであって、データが予め定められた周波数で変調される光信号を発生する光信号源と、該光信号源に結合され、該光信号の偏光の状態を変調してこれにより変調サイクルにわたり偏光の状態の平均値を実質的にゼロに等しくする偏光変調器と、該偏光変調器に結合され該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックであって、該クロックの周

波数が位相ロックされかつ該予め定められた周波数に等しくなっているようなクロックと、該偏光変調器に結合される光伝送路と、該光伝送路に結合される受信器とを含む伝送システム。

【請求項 29】 請求項 28 に記載のシステムにおいて、さらに該受信器によって受信された光信号の予め定められた特性を測定する手段と、該偏光変調器に該予め定められた特性を送信する手段と、

該光信号に与えられた偏光変調の位相を選択的に変化させて該予め定められた特性の値を最適化する手段とを含むものである伝送システム。

【請求項 30】 請求項 29 に記載されたシステムにおいて、さらに該光信号源を該偏光変調器に結合する光位相変調器を含み、該光位相変調器は光信号に実質的に何ら偏光変調を与えないようにしつつ該光信号に光位相変調を提供するものである伝送システム。

【請求項 31】 請求項 30 に記載されたシステムにおいて、さらに該光位相変調器によって提供された該光位相変調の位相を選択的に変化させて該予め定められた特性の値をさらに最適化するための手段を含むものである伝送システム。

【請求項 32】 請求項 28 に記載されたシステムにおいて、該予め定められた特性が、受信器により受信された光信号の信号対雑音比である伝送システム。

【請求項 33】 請求項 31 に記載されたシステムにおいて、該予め定められた特性が、該受信器により受信された光信号の信号対雑音比である伝送システム。

【請求項 34】 請求項 28 に記載されたシステムにおいて、該予め定められた特性が、該受信器により受信された光信号の Q-係数である伝送システム。

【請求項 35】 請求項 31 に記載されたシステムにおいて、該予め定められた特性が、受信器により受信された光信号の Q-係数である伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】 本発明は、情報の光学的伝送、特に光ファイバ伝送システムの伝送能力を改善することに関する。

【0002】

【発明の背景】 非常に長い光ファイバ伝送路、例えば光増幅中継器を利用する改訂もしくは大陸横断光波伝送システムで利用される光ファイバ伝送路は、伝送路を構成する光ファイバの長さに伴って累積する大きな減損に起因して性能の低下を被る。典型的には、このような長い光伝送システムにおいては、これらの減損は時間とともに

に変化し受信信号の信号雑音比 (SNR) におけるランダムな変動を引き起こす。このランダムな変動は信号フェージングとして知られる現象に寄与する。信号フェージングは、光ファイバ路を介して伝送されるデジタル信号に対しビット誤り率 (BER) を結果として増加させる。このような伝送システム内のデジタル信号の SNR が許容できない程小さくなるとき (望ましくない程の BER になったとき) 信号フェージングが生じたといわれる。実験による証拠によれば、伝送路にそっての光ファイバ自体および/又は他の光学素子 (例えば、中継器、増幅器など) により誘動される偏光依存効果が信号フェージングおよび SNR 変動に影響することが示された。特に、これらの効果の 1 つは、光増幅器のポピュレーション インバージョン ダイナミクスに係る偏光ホールバーニング (PHB) として識別されている。ホールバーニングについては D. W. ホール、R. A. ハース、W. F. クルプクおよび M. J. ウェーバーら著の“ネオダイアムガラスレーザにおけるスペクトルおよび偏光ホールバーニング” IEEE 量子エレクトロニクスジャーナル, Vol. QE-19, No. 11 1983 年 11 月において議論がなされている。

【0003】 PHB は、伝送路により搬送される主光信号の状態に対して平行な偏光状態 (SOP) を有する任意信号に対して長く引かれた伝送路内の光増幅器の利得を減少させる。しかしながら、主信号のそれに対して直交する SOP を有する光信号に対しては、これら増幅器により提供される利得な相対的に影響されない状態に留まる。簡単に言うと主光信号は、主光信号の SOP に依存する増幅器の非等方的飽和を生成する。この非等方的飽和は増幅器内のポピュレーション インバージョンを減少させ、結果として主光信号と同じ SOP を有する光信号に対してより低い利得となる。このため主信号に対して直交する SOP を有する雑音が増幅器により優先的に強調されることとなる。この強調された雑音は、伝送システムの SNR を低下させそして増幅された BER をもたらす。

【0004】 信号フェージングを減少させる従来の方法は、与えられた光路に入射される信号の SOP をその光路の遠端にて受信される信号の品質の関数として能動的に調節するシステムの利用を含んでいた。いくつかの方法において、信号の SOP はスクランブルされている。例えば、ビット速度よりもより低いおよびより高い両方の周波数で SOP をスクランブルするシステムが知られている。しかしながら、ビット速度よりも低い周波数でスクランブルすると受信器の帯域幅内にデータ信号の AM 変調をもたらす、そのため低周波数スクランブルにより達成できる潜在的な改善を減じることとなる。ビット速度よりも高い周波数でのスクランブルは AM 変調を減少させることはできるが送信される帯域幅の増加を引き

起こしそれは性能を劣化させもする。

【0005】

【発明の要旨】 本発明によれば、光信号の偏光を変調するための方法および装置が提供される。偏光変調器は、データが予め定められた周波数にて変調された光信号を受信する。この偏光変調器は、位相ロックされかつデータが光信号に変調されるのと同じ予め定められた周波数に等しい周波数にて光信号の偏光の状態を変調する。偏光変調は、各変調サイクルにわたる偏光の状態に平均値がゼロにほぼ等しくなるように遂行される。本発明の一実施例においては、光信号に与えられた偏光変調の位相は、例えば移相器のような電氣的遅延線によって選択的に変化される。加えて、光信号は、光信号にほとんど偏光変調を与えないようにして光位相変調器により選択的に位相変調され得る。

【0006】

【詳細な記述】 図 1 は、本発明を実施する例示としての構成の単純化されたブロックダイアグラムを示している。図に示されるように、本発明は、連続波 (CW) 光信号 101 を生成するためのレーザ 100 を含んでいる。光信号 101 は、周知の仕方ですこに情報を与えるため信号を変調し変調された光情報信号 103 を生成するデータ変調器 102 へと伝送される。データ変調器 102 は、光信号 101 に与えられるべきデータをデータソース 104 から受信しクロック 106 により決定される周波数にて光信号 101 を変調する光情報信号 103 は、データ変調器 102 から光情報信号 103 の SOP を変調する偏光変調器 108 へと伝送される。偏光変調器 108 は、変調周期にわたって平均化される選ばれる SOP をもたないような方法で光情報信号の SOP を変化させるよう動作する。従って、出力信号 105 は、実質的にゼロである偏光の度合いをもちスクランブルされた偏光であるといえる。偏光変調器 108 の動作の一例において、光情報信号 103 の SOP はポインケア (Poincare) 球上の完全な大円を追跡する。これとは別に、光信号の SOP はポインケア球にそって往復し得る。いずれにしても、各変調サイクルにわたる SOP の平均値は実質的にゼロに等しい。本発明において利用し得る偏光変調器 108 の一例は米国特許第 5, 327, 511 号、特にその FIG. 3 に開示されている。

【0007】 本発明によれば、偏光変調器 108 はクロック 106 により駆動されこれにより光情報信号 103 の SOP が、データが光信号 101 に与えられる速度に等しい速度で変調される。言い換えれば、クロック 106 は、偏光変調の速度をデータ変調の速度にロックされた周波数および位相にさせる。クロック 106 が偏光変調 108 を駆動する仕方は、偏光変調が作用する光信号の電場成分を調べることによって記述され得る。x-y 座標においてこれら成分は次のように表現され得る。

【数 1】

$$E_x(t) = A_x(t) e^{i(\omega t + \phi_x(t))} \quad (1)$$

$$E_y(t) = A_y(t) e^{i(\omega t + \phi_y(t))} \quad (2)$$

【0008】ここで ω は光搬送波周波数、 $\phi_x(t)$ および $\phi_y(t)$ は光信号103の位相角であり、そして $A_x(t)$ および $A_y(t)$ は実電場強さであり、強度変調を含むものと仮定される。原理的には、これら電場成分を有する光信号のいずれかの可能なSOPは $(A_x^2 + A_y^2) \times 10$

$$\phi_x(t) = \gamma_x + a_x \cos(\Omega t + \Psi)$$

(3)

$$\phi_y(t) = \gamma_y + a_y \cos(\Omega t + \Psi)$$

(4)

【0009】偏光変調器108により与えられる位相変調は、異なる定位相 γ_x および γ_y を伴うx成分およびy成分を有する(デバイス複屈折の原因となる)信号を提供する。位相変調は、両電場成分について同じである位相 ϕ を伴った変調周波数 Ω で振動する正弦波状変動をも導く。しかしながら、この正弦波状変動は、電場成分 E_x および E_y に対してそれぞれ異なる係数 a_x および a_y をもっている。変調係数 a_x および a_y の大きさは、SOPがポインケア球上を横切る往復する軌跡の範囲を決定づける。当業者であれば、式(3)および

(4)により表される形式の位相変調はいずれの可能なSOPをも生成しないがパラメータを適当に調整することにより平均偏光が単一の変調サイクルにわたってゼロとなるポインケア上の軌跡にそって往復する信号を発生することが可能であると、認識するであろう。例えば、振幅 A_x および A_y が等しくなるように選ばれれば $a_x - a_y = 0.765\pi$ と設定することにより偏光の平均度合いはゼロに等しくなるであろう。この場合、偏光変調器108からでる変調された光信号はポインケア球上の大円全体76パーセントを追跡するにすぎないが、変調光信号105は平均的には完全に偏光が消滅するであろう。

【0010】図1に示される構成において、偏光変調器108は、クロック106の周波数に等しい変調周波数 Ω で駆動される。図1においてさらに示されるように、典型的にはクロック106を偏光変調器108に結合する移相器110のような電気的可変遅延線を提供するのが好都合であろう。移相器110は、データ変調の位相に相対する偏光変調の位相 ϕ を選択的に調節するのに用いられる。この位相は、受信された信号の信号対雑音比が最大となるように調節されそれは経験的に決定され得る。図3と結びつけて以下において提示される実験結果は、受信信号対位相 ϕ のSNRの量で測定されたシステム性能を示している。これらの結果は、良好なSNR特

性 $(A_x^2 + A_y^2)$ 一定の値を維持しつつ相対的な位相差 $\phi_x - \phi_y$ を0と 2π の間で変化させながら A_x/A_y を変化させることによって得られる。しかしながら、偏光変調器108は位相 ϕ_x および ϕ_y のみを変化させることによって、光信号のSOPを変調するよう機能する。変調サイクルにわたるその平均エネルギーがゼロとなるSOPを提供するためにはこれで十分である。正弦波駆動信号を仮定すると、この位相変調は次のように表される。

【数2】

性を与える位相 ϕ についての明確な値が存在することを示している。一旦適当に最適化されると、図1に示される装置は、低速変調により引き起こされる残留AM変調および高速変調により引き起こされる帯域幅の増加などの有害な効果を最小化する。即ち、低速変調と高速変調との間のほぼ最適な平衡を提供する。

【0011】偏光変調器108により信号103に与えられた偏光変調に加えて、位相角 ϕ_x および ϕ_y の平均値により与えられる正味の又は過剰の位相変調も存在する。図1に示される発明の実施例においては、この平均位相変調はゼロであると仮定される。しかしながら、以下で議論されるように図2および図3に示される発明の実施例は非ゼロの過剰の位相変調を許容するものである。

【0012】偏光および/又は位相変調をAM変調に変換することのできる2つの範疇の現象、文字どおり偏光従属現象および偏光独立現象が存在する。偏光従属現象の例は、時間的に変動し付加的な信号フェージングを引き起こすような伝送媒体における偏光依存損失によりもたらされる。偏光独立現象の例は、時間的に変動しないようなもの、即ち伝送ファイバにおける色分散および/又は非線形屈折率によりもたらされる。以降において説明されるように、ビット速度で偏光を変調することにより発生されるAMは、信号フェージングの有益な一因とはならない。

【0013】偏光スクランブルされた信号がPDLを有する素子に出会うと、AM変調が変調周波数 Ω およびその高調波(即ち、 2Ω 、 3Ω 、……)でおこり得る。AMの量と偏光変調の位相に関してのAMの位相関係は、一般に偏光変調軸に関してのPDL素子の損失軸の方向に依存する。光信号の偏光の状態は時間的にふらつくので生ずるAMの量はふらつくであろう。当業者には既知のように、典型的なファイバ光学受信器はデータ速度の約60パーセントの電気的帯域幅をもっている。

したがって、ビット速度で生じるAM変調のいくらかは受信器を通過し判定回路に達しBERに影響を与える。しかしながら、 2Ω 以上の周波数を有する高調波は受信器によって阻止されるのでこれらビット速度の高調波で生ずるAMによってはBERは影響されない。光信号の往復するSOPとPDL成分との相互作用によって引き起こされるAMの形式の解析から、AM変調の大部分は変調周波数の高調波（即ち、 2Ω 以上）で生じ基本変調周波数 Ω では生じないということを示すことができる。従って、上述したように、適当に設計された光受信器が

【0014】図2は、光位相変調器214が偏光変調器208に結合される本発明の別の実施例を示している。クロック206は、可変遅延線210および212をそれぞれ介して、光位相変調器214と同様に図1に示されるような偏光変調器208を駆動する。図1に示される本発明の実施例におけるように、本発明では例えば移相器のような任意の適切な型の可変遅延線の利用がもくろまれる。本発明のこの実施例においては、光信号203に与えられる偏光変調は、2つの別個独立の位相、即ち偏光変調208と関連づけられる位相 ϕ_2 および光位相変調器214と関連づけられる位相 ϕ_1 を含んでいる。こうして偏光変調器208から出力される光信号205の位相角 ϕ 、および ϕ 、は次式のようになる。

【数3】

$$\phi_2(r) = \gamma_2 + a_2 \cos(\Omega t + \Psi_1) + b \cos(\Omega t + \Psi_2) \quad (5)$$

$$\phi_1(r) = \gamma_1 + a_1 \cos(\Omega t + \Psi_1) + b \cos(\Omega t + \Psi_2) \quad (6)$$

【0015】式(5)および式(6)は光位相変調器214は、光信号203のXおよびY成分双方に対して同じ位相変調を与える。したがって、光位相変調器214は、光信号の偏光を変調することなく信号203の光学的位相を変調する。光位相変調器214が偏光を変調しない理由は、光信号の偏光変調は位相 ϕ 、および ϕ 、の間の差に比例し、この差は $(\phi_1$ 、および ϕ_2 、が等しい量で変調されるため)光位相変調器214により影響されないからである。しかしながら、位相 ϕ_2 を追加の選択的に調整可能なパラメータとして導入することにより、NRZを変調フォーマットを用いるときに性能に逆効果を与える種々の振幅誤差を減少できる。これらの振幅誤差は、増幅器雑音、色分散およびファイバ非線形性をはじめとする種々のファクタによって引き起こされる。上述したように、信号と色分散およびファイバの非線形屈折率の間の相互作用によって引き起こされる偏光および

位相変調の変換から発生されるAMは、AMの位相がデータに関して適当に調節されていれば、有利で有り得る。雑音以外の信号に対する減損の影響を評価する図式的方法は、アイダイヤグラムとして当業者には知られている。発生されるAMは受信されたデータのアイを“開く”ことができ、そして振幅タイプの誤差によりおきるアイ閉鎖を補償することができる。位相 ϕ_2 を適当に調節することにより、アイ開口を改善できる。動作上、位相 ϕ_2 は、受信信号のSNRが最適化するまで移相器212を介して調整される。

【0016】図3において、図2に示される位相変調器214および偏光変調器208の関数は、両方とも単一のユニットに編入される。この場合は、単一の移相器310が偏光変調および光位相変調の双方を変化させるのに用いられる。この場合、偏光変調は、角度 $\phi_1 - \phi_2$ における差によって与えられ、かつ低い度合いの偏光に対して調整される。過剰の位相変調は2つの角度の平均 $(\phi_1 + \phi_2) / 2$ によって与えられる。本発明のこの実施例の動作は、図2で $\phi_1 = \phi_2$ としたときのものに類似する。

【0017】図4は、図3に示される構成を用いて遂行される実験の結果を示している。ループ循環手法を用いた伝送路は、6300km延長され、平均入射パワー25dBmで2.5Gビット/秒のビット速度を利用した。

【0018】この図は結果として得られたQ係数（即ち、電氣的SNR）対位相 ϕ を示している。このデータは、位相 ϕ についての適正な値を選択することにより良好なSNR特性が達成できることを示している。

【0019】図5は、本発明に従う送信器、受信器、伝送路および遠隔計測路を含む伝送システムの一例である。送信器400、図2又は図3で示された構成の特性を実現する位相制御された偏光変調器402、伝送媒体404、および受信器408を送信器400に接続してSNRやQ係数のような受信信号の特性を帰還（フィードバック）するための遠隔計測経路406が示されている。この例の目的としての（本発明はこれに限定されるものではない）伝送媒体は、光増幅器および単一モード光ファイバの連鎖である。これらの要素は当業者には周知である。

【0020】送信器400は、その偏光が上述されたような位相制御された偏光変調器402によって変調される光情報信号を生成する。結果として生じる偏光変調された信号は伝送媒体404を通過しついで受信器408に達する。受信器では、Q係数が伝送性能の指標として測定される。Q係数値は、遠隔計測経路406を介して偏光変調器402に対して送り返される。

【0021】いくつかのアプリケーションにおいては、遠隔計測経路406をSONETフレームにおけるオーバーヘッドあるいはオーダーワイヤチャンネルのような

同じ伝送システムに割り当てたり、別個の電話回線のような異なるチャンネルで伝送することが望ましいということが当業者にはわかるであろう。Q係数値は、例えば偏光変調器402内に配置され得る論理素子により受信され処理される。この論理素子は、偏光変調器402により上述した式(5)および式(6)に従って信号に与えられた位相変調を制御して、受信されるQ係数を最大化する。とりわけ、論理素子は、例えば a_1 、 a_2 、 ϕ_1 、 ϕ_2 および/又は b の値を制御し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う位相制御され偏光変調された送信器の一実施例の単純化されたブロックダイアグラムを示す図である。

【図2】本発明に従う位相制御され偏光変調された送信器の別の実施例の単純化されたブロックダイアグラムを示す図である。

【図3】本発明に従う位相制御され偏光変調された送信器さらに別の実施例の単純化されたブロックダイアグラ

* ムを示す図である。

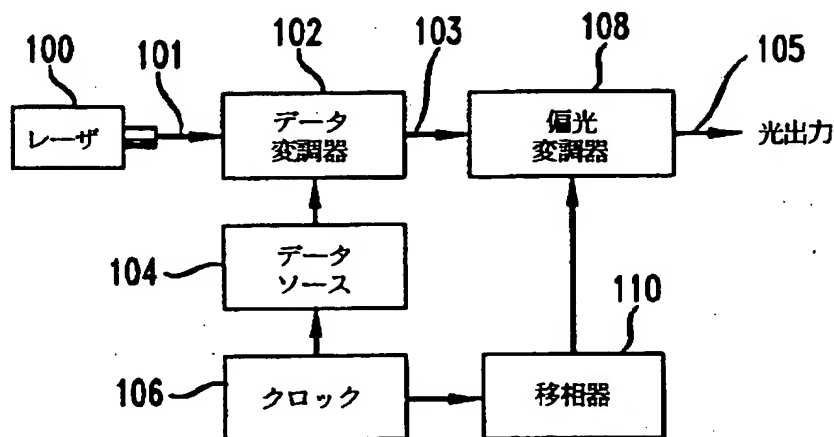
【図4】図3において示された送信器を利用する構成について結果として生ずるQ係数対位相を示す図である。

【図5】本発明に従う送信器、位相制御された偏光変調器、受信器、伝送経路および遠隔経路を含む伝送システム構築の実施例を示す図である。

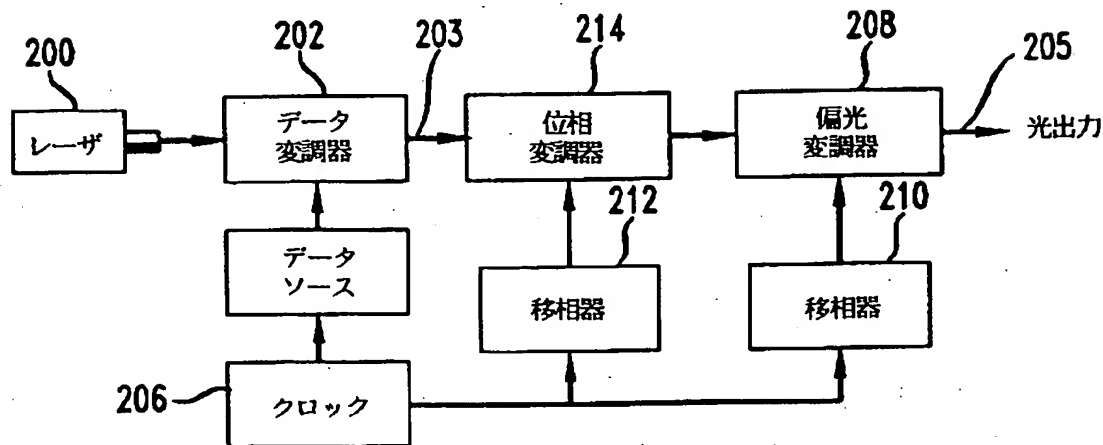
【符号の説明】

100	レーザ
101	光信号
102	データ変調器
103	光情報信号
104	データソース
105	出力信号
106	クロック
108	偏光変調器
110	移相器
214	位相変調器

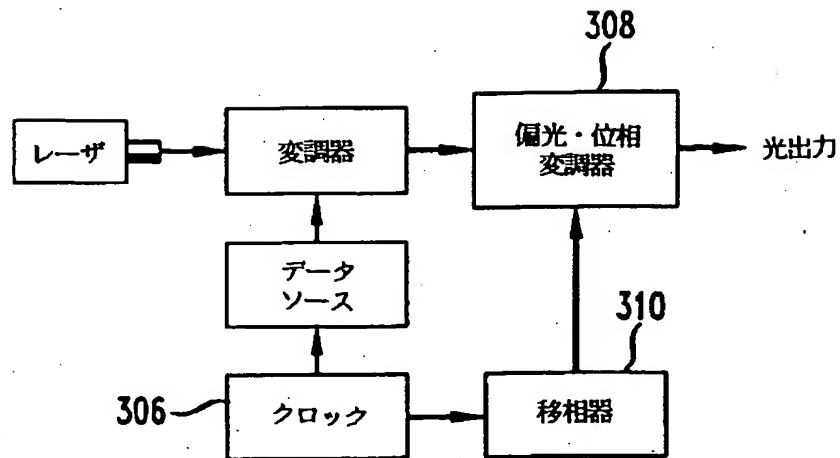
【図1】



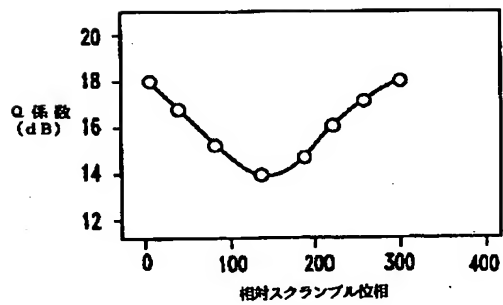
【図2】



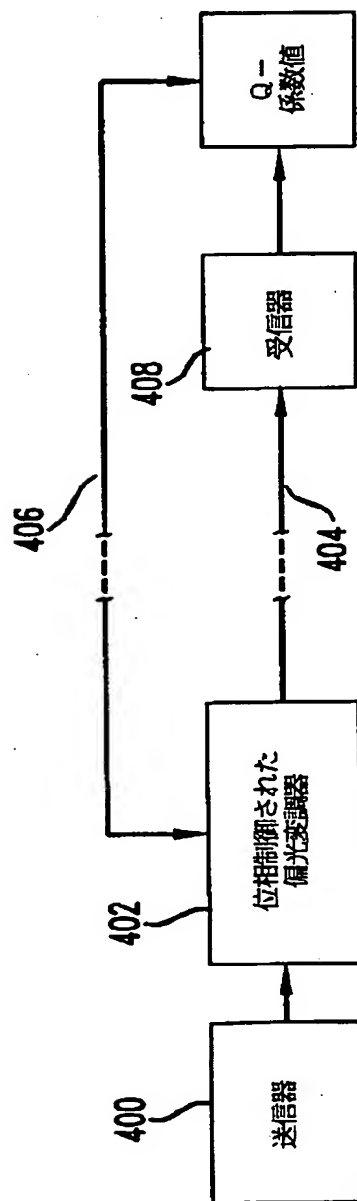
【図 3】



【図 4】



【図5】



【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 3 区分

【発行日】平成 14 年 12 月 20 日 (2002. 12. 20)

【公開番号】特開平 8-111662

【公開日】平成 8 年 4 月 30 日 (1996. 4. 30)

【年通号数】公開特許公報 8-1117

【出願番号】特願平 7-248192

【国際特許分類第 7 版】

H04B 10/00

G02F 1/01

2/00

【F I】

H04B 9/00 B

G02F 1/01 Z

2/00

【手続補正書】

【提出日】平成 14 年 9 月 20 日 (2002. 9. 20)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を送信する装置であって、
 所定の周波数でデータを変調して光信号を生成する光信号源と、
 該光信号源に接続されると共に、ポアンカレ球面の少なくとも 1 部分に沿って該光信号の偏光を追跡して、1 回の
 変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に 0 に等しくすることによって、該光信号の偏光状態を変調する偏光変調器と、
 該偏光変調器に接続されると共に、該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックとを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数と等しい装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の装置において、該光信号源は、連続波光信号発生器とデータソースとを含み、該クロックは、データを変調して該光信号にする該所定の周波数を設定するデータソースに接続されている装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の装置において、該偏光変調器は、該所定の周波数で規定の位相により該光信号の偏光状態を変調し、該装置は、該クロックを該偏光変調器に接続すると共に該規定の位相を選択的に変化させる電気的可変遅延線をさらに含む装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項 5】 請求項 3 に記載の装置において、該光信号源を該偏光変調器に接続する光位相変調器をさらに含み、該光位相変調器は、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を光位相変調する装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の装置において、該クロックは、該光位相変調器に接続され、それによって該光位相変調器が、位相ロックされていると共に該所定の周波数に等しい周波数で光位相変調を実行する装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の装置において、該クロックを該光位相変調器に接続すると共に、該光位相変調器が実行する該光位相変調の位相を選択的に変化させる第 2 の電気的可変遅延線をさらに含む装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項 9】 請求項 5 に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、該クロックを該光位相変調器に接続し、それによって該光位相変調器が行う該光位相変調の位相を実質的に該規定の位相に等しくすることが可能である装置。

【請求項 10】 請求項 8 に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項 11】 光信号の偏光を変調する装置であって、

所定の周波数でデータを変調してある光信号を受信する偏光変調器を含み、該偏光変調器は、ポアンカレ球面の少なくとも 1 部分に沿って該光信号の偏光を追跡し、該装置は、さらに、
 該偏光変調器に接続されると共に、変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数に等しい装置。

【請求項12】 請求項11に記載の装置において、該偏光変調器は、該所定の周波数で規定の位相により該光信号の偏光状態を変調し、該クロックを該偏光変調器に接続すると共に該規定の位相を選択的に変化させる電気的可変遅延線をさらに含む装置。

【請求項13】 請求項12に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項14】 請求項12に記載の装置において、該光信号源を該偏光変調器に接続する光位相変調器をさらに含み、該光位相変調器は、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を光位相変調する装置。

【請求項15】 請求項14に記載の装置において、該クロックは、該光位相変調器に接続され、それによって該光位相変調器は、位相ロックされると共に該所定の周波数に等しい周波数で光位相変調を行うことが可能である装置。

【請求項16】 請求項15に記載の装置において、該クロックを該光位相変調器に接続すると共に、該光位相変調器が行う該光位相変調の位相を選択的に変化させる第2の電気的可変遅延線をさらに含む装置。

【請求項17】 請求項16に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項18】 請求項14に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、該クロックを該光位相変調器に接続し、それによって該光位相変調器によって行われる該光位相変調の位相を該規定の位相に実質的に等しくすることが可能である装置。

【請求項19】 請求項18に記載の装置において、該電気的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項20】 光信号を送信する方法であって、所定の周波数でデータを変調して光信号を生成するステップと、

ポアンカレ球面の少なくとも1部分に沿って該光信号の偏光を追跡して、各変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に0に等しくすることによって、位相ロックされていると共に該所定の周波数に等しい周波数で該光信号の偏光状態を変調するステップとを含む方法。

【請求項21】 請求項20に記載の方法において、該光信号に対して実行された該偏光変調の位相を選択的に変化させるステップをさらに含む方法。

【請求項22】 請求項20に記載の方法において、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を選択的に位相変調するステップをさらに含む方法。

【請求項23】 請求項22に記載の方法において、該光信号を選択的に位相変調するステップは、データを変調する際の該所定の周波数に等しい周波数で該光信号を選択的に位相変調するステップを含む方法。

【請求項24】 光信号の偏光を変調する方法であっ

て、

所定の周波数でデータを変調してある光信号を受信するステップと、

ポアンカレ球面の少なくとも1部分に沿って該光信号の偏光を追跡して、各変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に0にすることによって、位相ロックされていると共に該所定の周波数に等しい周波数で該光信号の偏光状態を変調するステップとを含む方法。

【請求項25】 請求項24に記載の方法において、該光信号に施された該偏光変調の位相を選択的に変化させるステップをさらに含む方法。

【請求項26】 請求項24に記載の方法において、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を選択的に位相変調するステップを含む方法。

【請求項27】 請求項26に記載の方法において、該光信号を選択的に位相変調するステップは、データを変調する際の該所定の周波数に等しい周波数で該光信号を選択的に位相変調するステップを含む方法。

【請求項28】 送信システムであって、所定の周波数でデータを変調して光信号を生成する光信号源と、

該光信号源に接続されると共に、ポアンカレ球面の少なくとも1部分に沿って該光信号の偏光を追跡して、1回の変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に0に等しくすることによって、該光信号の偏光状態を変調する偏光変調器と、

該偏光変調器に接続されると共に、該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックとを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数に等しく、該システムは、さらに、該偏光変調器に接続された光伝送路と、該光伝送路に接続された受信器を含むシステム。

【請求項29】 請求項28に記載のシステムにおいて、該受信器が受信した光信号の所定の特性を測定する手段と、

該偏光変調器に該所定の特性を送信する手段と、該光信号に施された該偏光変調の位相を選択的に変化させて該所定の特性の値を最適化する手段とをさらに含む方法。

【請求項30】 請求項29に記載のシステムにおいて、該光信号源を該偏光変調器に接続する光位相変調器をさらに含み、該光位相変調器は、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を光位相変調するシステム。

【請求項31】 請求項30に記載のシステムにおいて、該光変調器が実行する該光位相変調の位相を選択的に変化させて該所定の特性の値をさらに最適化する手段をさ

らに含むシステム。

【請求項 32】 請求項 31 に記載のシステムにおいて、該所定の特性は、該受信器が受信した該光信号の S/N 比であるシステム。

【請求項 33】 請求項 31 に記載のシステムにおいて、該所定の特性は、該受信器が受信した該光信号の Q-係数である方法。

【請求項 34】 請求項 29 に記載のシステムにおいて、該所定の特性は、該受信器が受信した該光信号の S/N 比であるシステム。

【請求項 35】 請求項 28 に記載のシステムにおいて、該所定の特性は、該受信器が受信した該光信号の Q-係数であるシステム。

【請求項 36】 光信号を送信する装置であって、所定の周波数でデータを変調して光信号を生成する光信号源と、

該光信号源に接続されると共に、1 回の変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に 0 に等しくするように該光信号の偏光状態を変調する偏光変調器とを含み、該偏光変調器は、所定の周波数で規定の位相によって該光信号の偏光状態を変調し、該装置は、さらに、該偏光変調器に接続されると共に、該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数に等しく、該装置は、さらに、該クロックを該偏光変調器に接続すると共に、該規定の位相を選択的に変化させる電气的可変遅延線と、該光信号源を該偏光変調器に接続する光位相変調器とを含み、該光位相変調器は、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を光位相変調する装置。

【請求項 37】 請求項 36 に記載の装置において、該クロックを該光位相変調器に接続し、それによって該光位相変調器が、移相ロックされると共に該所定の周波数に等しい周波数で光位相変調を行うことが可能である装置。

【請求項 38】 請求項 37 に記載の装置において、該クロックを該光位相変調器に接続すると共に、該光位相変調器が実行する該光位相変調の位相を選択的に変化させる第 2 の電气的可変遅延線をさらに含む装置。

【請求項 39】 請求項 38 に記載の装置において、該電气的可変遅延線は、位相器である装置。

【請求項 40】 請求項 36 に記載の装置において、該電气的可変遅延線は、該クロックを該光位相変調器に接続し、それによって該光位相変調器が実行する該光位相変調の位相を該規定の位相に実質的に等しくすることが可能である装置。

【請求項 41】 請求項 40 に記載の装置において、該電气的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項 42】 光信号の偏光を変調する装置であっ

て、

所定の周波数でデータを変調してある光信号を受信する偏光変調器を含み、該偏光変調器は、所定の周波数で規定の位相によって該光信号の偏光状態を変調し、該装置は、さらに、

該偏光変調器に接続されると共に、変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数に等しく、該装置は、さらに、

該クロックを該偏光変調器に接続すると共に、該規定の位相を選択的に変化させる電气的可変遅延線と、該光信号源を該偏光変調器に接続する光位相変調器とを含み、該光位相変調器は、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を光位相変調する装置。

【請求項 43】 請求項 42 に記載の装置において、該クロックを該光位相変調器に接続し、それによって該光位相変調器が、位相ロックされると共に該所定の周波数に等しい周波数で光位相変調を実行することが可能である装置。

【請求項 44】 請求項 43 に記載の装置において、該クロックを該光位相変調器に接続すると共に、該光位相変調器が実行する該光位相変調の位相を選択的に変化させる第 2 の電气的可変遅延線をさらに含む装置。

【請求項 45】 請求項 43 に記載の装置において、該電气的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項 46】 請求項 42 に記載の装置において、該電气的可変遅延線は、該クロックを該光位相変調器に接続し、それによって該光位相変調器が実行する該光位相変調の位相を該規定の移相に実質的に等しくすることが可能である装置。

【請求項 47】 請求項 46 に記載の装置において、該電气的可変遅延線は、移相器である装置。

【請求項 48】 光信号を送信する方法であって、所定の周波数でデータを変調して光信号を生成するステップと、

各変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に 0 に等しくするように、位相ロックされていると共に該所定の周波数に等しい周波数で該光信号の偏光状態を変調するステップと、

該光信号に偏光変調を実質的に行っていないときに該光信号を選択的に位相変調するステップを含む方法。

【請求項 49】 請求項 48 に記載の方法において、該光信号を選択的に位相変調するステップは、データを変調する際の該所定の周波数に等しい周波数で該光信号を選択的に位相変調するステップを含む方法。

【請求項 50】 光信号の偏光を変調する方法であって、

所定の周波数でデータを変調してある光信号を受信するステップと、

各変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に0に等しくするように、位相ロックされていると共に該所定の周波数に等しい周波数で光信号の偏光状態を変調するステップと、
該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を選択的に位相変調するステップとを含む方法。

【請求項51】 請求項50に記載の方法において、該光信号を選択的に位相変調するステップは、データを変調する際の該所定の周波数に等しい周波数で該光信号を選択的に位相変調するステップを含む方法。

【請求項52】 送信システムであって、
所定の周波数でデータを変調して光信号を生成する光信号源と、
該光信号源に接続されると共に、1回の変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に0に等しくするように該光信号の偏光状態を変調する偏光変調器と、
該偏光変調器に接続されると共に、該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックとを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数に等しく、該システムは、さらに、
該偏光変調器に接続されている光伝送路と、
該光伝送路に接続されている受信器と、
該受信器が受信する光信号の所定の特性を測定する手段と、
該所定の特性を該偏光変調器に送信する手段と、
該光信号に施された該偏光変調の位相を変化させて該所定の特性の値を最適化する手段と、
該光信号源を該偏光変調器に接続する光位相変調器とを含み、該光位相変調器は、該光信号に偏光変調処理を実質的に行っていないときに該光信号を光位相変調するシ

ステム。

【請求項53】 請求項52に記載のシステムにおいて、
該光位相変調器が実行する該光位相変調の位相を選択的に変化させて該所定の特性の値をさらに最適化する手段をさらに含むシステム。

【請求項54】 請求項53に記載のシステムにおいて、該所定の特性は、該受信器が受信した該光信号のS/N比であるシステム。

【請求項55】 請求項53に記載のシステムにおいて、該所定の特性は、該受信器が受信した該光信号のQ-係数であるシステム。

【請求項56】 送信システムであって、
所定の周波数でデータを変調して光信号を生成する光信号源と、
該光信号源に接続されると共に、1回の変調サイクルにわたる偏光状態の平均値を実質的に0に等しくするように該光信号の偏光状態を変調する偏光変調器と、
該偏光変調器に接続されると共に、該変調サイクルの周波数を決定する周波数を有するクロックとを含み、該クロックの周波数は、位相ロックされ、該所定の周波数に等しく、該システムは、さらに、
該偏光変調器に接続されている光伝送路と、
該光伝送路に接続されている受信器と、
該受信器が受信する光信号の所定の特性を測定する手段と、
該所定の特性を偏光変調器に送信する手段と、
該光信号に施された該偏光変調の位相を選択的に変化させて該所定の特性の値を最適化する手段とを含み、
該所定の特性は、該受信器が受信する光信号のQ-係数であるシステム。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.